

沙质草地植物群落及土壤质地 对补播和翻耕措施的响应

吴旭东, 蒋 齐, 俞鸿千, 王占军, 何建龙

(宁夏农林科学院荒漠化治理研究所, 宁夏 银川 750002)

摘 要:选取 3 个翻耕模式(深翻、浅翻及免耕),以未补播的原生沙质草地为对照(CK),分析不同模式下禾-豆混播草地土壤颗粒组成、植物群落结构特征及数量特征,研究退化沙质草地土壤质地及植物群落对翻耕和补播措施的响应。结果表明:深翻、浅翻、免耕及 CK 对应的草地群落物种丰富度分别为 9、9、5 种和 8 种,机械扰动和补播牧草降低了游击型克隆植物的繁殖与扩展能力,提高了补播牧草在群落中的优势度,深翻处理下多年生禾本科及豆科牧草优势度最为明显,翻耕及补播后草地植物群落物种多样性和均匀度明显增大,生态优势度与物种多样性变化趋势正好相反,其中浅翻处理下补播草地群落物种多样性和均匀度最高,游击型克隆植物提高了原生草地生态优势度;补播草地群落地上生物量大小表现为:深翻($348.39\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$)>浅翻($285.77\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$)>免耕($242.08\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$)>CK($141.83\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$),且与原生草地存在极显著性差异($P<0.01$);补播草地土壤颗粒组成主要以 $50\sim 250\text{ }\mu\text{m}$ 的细沙粒为主,深翻、浅翻及补播牧草显著提高了 $0\sim 20\text{ cm}$ 土层土壤黏粉粒含量和土壤颗粒体积分形维数($P<0.01$),土壤质地改善效果明显,土壤整体稳定性明显提高。

关键词:植物群落;土壤质地;补播;翻耕;沙质草地

中图分类号:S154.1 **文献标识码:**A

Response of plant community and soil texture of sandy grassland to the reseeding and plowing

WU Xu-dong, JIANG Qi, YU Hong-qian, WANG Zhan-jun, HE Jian-long

(Institute of Desertification Control, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Yinchuan, Ningxia 750002, China)

Abstract: In order to study the responses of plant community and soil texture to tillage and reseeding measures in degraded sandy grassland, the soil particle composition, plant community structure and quantity characteristics of different Gramineae-Leguminous modes were analyzed by selecting three plowing modes (deep plowing, shallow plowing, and no-tillage) and using non-reseeding primary sandy grassland as a control (CK), the results showed that the species richness of deep plowing, shallow plowing, no tillage and CK were 9, 9, 5 and 8 respectively in the grassland communities, Mechanical disturbance and reseeding measure reduced the breeding and expanding ability of the guerrilla-type clonal plants, and improved the dominance of the supplementary grass in the community, the dominance of perennial Gramineous and Leguminous plants under deep plowing was the most obvious. The species diversity and evenness of grassland plant communities increased significantly after the deep plowing and shallow plowing, in contrast, the ecological dominance were opposite. among them, the species diversity and evenness of the grassland communities under shallow plowing were the highest. and the guerrilla-type clonal plants increase the ecological dominance of primary grassland. The aboveground biomass of the reseeding grassland community ranged from deep plowing ($348.39\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$) > shallow plowing($285.77\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$) > no tillage($242.08\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$) > CK($141.83\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$) to the primary grassland. There was significant difference in biomass compared with primary grasslands. The

soil particle composition of the reseeding grassland was mainly dominated by fine sand of 50~250 μm , and the soil clay content and soil particle volume fractal dimension ($P<0.01$) in 0~20 cm soil layer was improved significantly by deep plowing, shallow plowing and sowing grass, as well as the soil texture and stability was improved significantly.

Keywords: plant communities; soil texture; reseeding; tillage; sandy grassland

沙质草地是中国北方干旱半干旱区重要的土地资源,受区域气候干旱化、过牧、樵采及开垦等综合因素的影响,该区域植物群落物种组成结构简单、土壤质地逐渐粗粒化,草地生态系统稳定性下降^[1]。为此,沙质草地退化或逆转过程中植物群落^[2]与土壤质地稳定性及其相互关系^[3]是该区域研究的重要内容,也对区域草地生态恢复具有重要的指示意义。机械翻耕和补播牧草是退化草地人工改良的重要措施,近年来,针对不同区域及草地类型的人工改良措施对退化草地生态恢复的报道较多,相关研究主要集中在补播改良措施对退化草地生产力^[4-8]及土壤肥力^[9-11]提升方面,也在植物个体物质分配^[12]、克隆植物生理整合^[13]、土壤动物群落变迁^[14]等微观机制及植被演替与土壤性质协同进化的长期规律^[15]方面展开了一系列的研究。但生态系统全面恢复的根本是土壤生境的恢复,土壤质地及其稳定性是土地沙化的重要决定因子和指示器^[16],土壤质地是土壤恢复中具有决定性作用,因此,草地恢复与土壤质地演进过程和机制显得尤为重要。通过开展土壤质地对补播和翻耕措施的响应研究,有助于解析沙质草地恢复过程中土壤物理稳定性的维持机制,并将为进一步开展人类活动影响下沙质草地生态系统的演变机制研究奠定理论基础。鉴于此,本文以宁夏盐池县荒漠草原区补播改良后的退化沙质草地为研究对象,选取经过机械翻耕后的禾-豆混播牧草草地,采用样方法对植物群落进行野外调查,采用土壤颗粒体积分形维数表征土壤质地演变,旨在研究沙质草地经过机械补播改良后的植物群落演变规律及土壤质地稳定性机制,这对揭示沙质草地逆转过程中制定有效生物防沙措施具有重要的科学指导意义。

1 试验设计与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于宁夏盐池县高沙窝镇黄记场村(107°00'~107°05' E, 37°54'~37°65' N),为干旱半干旱过渡区,典型的中温带大陆性气候,年均温7.5℃,年均降水量低于300 mm,蒸发量大于2 700 mm,年均无霜期164 d,冬春风沙活动强烈。土壤类

型以易沙化的淡灰钙土为主,土壤贫瘠、结构疏松、易遭风蚀。近年来尽管采取了围封禁牧及退耕还草等生态恢复措施,但局部沙化草地景观破碎化问题突出。研究区植被类型主要以沙地植被和荒漠植被为主,盖度20%~50%,优势种为猪毛蒿(*Artemisia scoparia* Waldst. et Kit.)和白草(*Pennisetum flaccidum* Griseb.),伴生种有赖草(*Leymus secalinus* (Georgi) Tzvel.)、达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica* (Laxm.) Schindl.)、猪毛菜(*Salsola collina* Pall.)、狗尾草(*Setaria viridis* (L.) Beauv.)、米口袋(*Gueldenstaedtia verna* (Georgi) Boriss.)等。

1.2 样地设置

样地设置在围封后的退化沙质草地,原生草地地势平坦,土壤为典型的沙质灰钙土,风蚀严重,细颗粒物质较少,土壤有机质、全氮及全磷含量较低,草地植被主要以猪毛蒿、赖草及猪毛菜为主,2014年8月在围封后的退化沙质草地采用3 m+7 m(带状宽3 m,留7 m宽原生植被)的机械带状耕翻方式,分别设置深翻(20 cm)、浅翻(10 cm)和免耕(不翻耕)3种处理,各处理均采用禾-豆牧草混合后条播,根据所播牧草的越冬率及抗旱适应性,选择播量为2.7 g·m⁻²,行距40 cm,播深1~2 cm,选择的补播牧草品种为当地抗旱适应性较强的蒙古冰草(*Agropyron mongolicum* Keng)1.5 g·m⁻²、沙打旺(*Astragalus adsurgens* Pall.)0.6 g·m⁻²及达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica* (Laxm.) Schindl.)0.6 g·m⁻²,7 m宽原生植被草地作为对照(CK),各处理设3次重复,每个重复600 m²。

1.3 植被调查与样品采集

于2016年8月在各处理中设置3个重复取样区,在每个取样区,选择1 m×1 m草本植物样方3个,样方中调查各种类植物的密度、高度和盖度;设置与植物样方调查对应的土壤采样点,即各样方随机采取3个重复土样,取0~20 cm土层土壤用于分析不同处理草地土壤特性,各样方的重复土样均匀混合,四分法取样,所取土壤样品剔除可见的植物残体和石块后风干过2 mm筛备用。8月份,在植物生长高峰期在各处理试验区内随机选取3个1.0 m×1.0 m的样方分别调查样方内的植物种类组成、高

度、密度、齐地面收割地上生物量,并带回实验室,使用烘干法得到最终生物量。

1.4 分析方法

(1)重要值=相对密度+相对高度+相对盖度,物种的优势度=重要值/300;

(2)多样性指数(SW)采用 Shannon_Wiener 指数测定物种多样性^[17]:

$$SW = 3.321\ 9(\log N - (\sum n_i \lg n_i)1/N) \quad (1)$$

其中,SW 是 Shannon_Wiener 多样性指数,N 为物种总个体数, n_i 为物种 i 的个体数, n_i 用物种优势度代替;

(3)群落生态优势度:采用 Simpson 指数测定生态优势度^[18]:

$$SN = \sum n_i(n_i - 1)/N(N - 1)$$

其中,SN 为 Simpson 指数, n_i 、 N 的含义同上式;

(4)土壤颗粒体积分形维数:以激光粒度分析仪所获得粒径体积数据为基础,根据 Tyler 和 Wheatcraft^[19]对土壤颗粒体积分形维数的概念及其计算公式推导,得到如下体积分形维数计算公式:

$$D = V_{(r < R)} / V_T = (R / \lambda_V)^{3-D}$$

式中, r 为土壤粒径(mm); V 为粒径小于 R 的全部土壤颗粒的总体积(%); R 为表示两筛分粒级 R_i 与

R_{i+1} 间粒径的平均值(mm); V_T 为土壤颗粒的总体积(%); λ_V 为在数值上等于激光粒度分析仪所获得的最大粒径数 RL (mm); D 为土壤颗粒的体积分形维数。

1.5 数据处理

采用 SAS 8.0 进行方差分析和 LSD 分析。

2 结果与分析

2.1 不同翻耕处理下补播草地群落物种优势度

从表 1 可以看出,翻耕措施下补播牧草后原生沙质草地群落物种丰富度和优势度发生明显变化。深翻、浅翻、免耕及 CK 对应群落物种丰富度分别为 9、9、5 种和 8 种,补播的蒙古冰草在草地中保持最高的优势度,其次为一年生菊科植物猪毛蒿,而原生草地群落中优势度最大的为猪毛蒿,其次为白草、赖草等根茎型克隆植物;深翻处理下补播牧草中的蒙古冰草优势度高于浅翻和免耕处理,免耕处理下补播牧草中的沙打旺优势度高于深翻和浅翻处理;游击型克隆植物白草和赖草也在原生草地中保持较高的优势度,但经过翻耕处理后优势度大幅降低或消失,机械扰动降低了克隆杂草植物的繁殖与扩展能力,提高了物种丰富度。

表 1 不同翻耕处理下补播草地群落种类组成及物种优势度

Table 1 Species composition and dominance of the reseeding grassland community under different plowing treatments

物种 Species	深翻 Deep plowing	浅翻 Shallow plowing	免耕 No tillage	未补播(CK) No reseeding grassland
蒙古冰草 <i>Agropyron mongolicum</i> Keng	31.41	26.80	28.77	
沙打旺 <i>Astragalus adsurgens</i> Pall.	13.03	13.44	17.58	
达乌里胡枝子 <i>Lespedeza davurica</i> (Laxm.) Schindl.	4.65	3.02	2.16	7.30
猪毛蒿 <i>Artemisia scoparia</i> Waldst. et Kit.	16.83	16.96	26.39	39.02
猪毛菜 <i>Salsola collina</i> Pall.	21.06	25.24	25.10	11.79
瘤果虫实 <i>Corispermum tylocarpum</i> Hance	3.38	6.52		
砂珍珠豆 <i>Oxytropis racemosa</i> Turcz.	2.55			
甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch.	5.47	3.69		5.94
白草 <i>Pennisetum flaccidum</i> Griseb.	1.62	3.26		21.26
丝叶山苦荚 <i>Ixeridium chinense</i> (Thunb.) Tzvel. var. <i>gramini-folia</i> (Ledeb.) H. C. Fu et Y. C. Ma		1.07		2.07
赖草 <i>Leymus secalinus</i> (Georgi) Tzvel.				10.59
阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i> (Willd.) Novopokr.				2.03
总种数 Sum of species	9	9	5	8

2.2 不同翻耕处理下补播草地群落科属组成及生活型

植物物种组成和生活型结构是衡量植物群落稳定性的重要尺度。从表 2 可以看出,翻耕处理下禾-豆混播改良措施对沙质草地植物群落物种组成产生一定的影响,多年生禾本科、豆科及一年生藜

科植物优势度呈不同程度的提高,而菊科植物优势度大幅下降,结合表 1 发现,补播牧草中的蒙古冰草对深翻处理下禾本科植物优势度贡献最为明显,成为补播草地群落组成的主体和群落功能的主导者;补播沙打旺和胡枝子大幅提高了原生草地群落中豆科植物的优势度,表现为深翻>浅翻>免耕>CK;

菊科植物优势度则表现为深翻<浅翻<免耕<CK,猪毛蒿是原生草地中优势度最大的菊科植物。从表 3 可以看出,翻耕处理下禾-豆混播改良措施对草地群

落生活型结构影响明显,深翻及浅翻处理下补播牧草后草地群落中多年生草本优势度明显提高,而一年生草本植物优势度呈下降趋势。

表 2 不同翻耕模式下补播草地群落科属组成及优势度

Table 2 Composition and dominance of grassland community under different plowing modes

翻耕模式 Plowing modes	总属数 Ng	总科数 Nf	禾本科 Gramineae			豆科 Leguminosae			菊科 Compositae			藜科 Chenopodiaceae		
			属数 Ng	种数 Ns	优势度 Ds	属数 Ng	种数 Ns	优势度 Ds	属数 Ng	种数 Ns	优势度 Ds	属数 Ng	种数 Ns	优势度 Ds
深翻 Deep plowing	9	4	2	2	33.03	3	3	25.70	1	1	16.83	2	2	24.44
浅翻 Shallow plowing	9	4	2	2	30.06	3	3	20.15	2	2	18.03	2	2	31.76
免耕 No tillage	5	4	1	1	28.77	2	2	19.74	1	1	26.39	1	1	25.10
未补播 (CK) No reseeding grassland	8	4	2	2	31.85	2	2	13.24	3	3	43.12	1	1	11.79

Note: Ng-Number of genera; Nf-Number of families; Ns-Number of species; Ds-Dominance of species.

表 3 不同翻耕模式下补播草地群落生活型及优势度

Table 3 Living style and dominance of grassland community under different plowing modes

生活型 Living style	深翻 Deep plowing	浅翻 Shallow plowing	免耕 No tillage	未补播 (CK) No reseeding grassland
多年生草本 Perennial herbaceous plants	58.73	51.28	48.51	49.19
一年生草本 Annual herbaceous plants	41.27	48.72	51.49	50.81

2.3 不同翻耕处理下补播草地群落物种多样性变化

从物种多样性、均匀度和生态优势度 3 个方面进行比较,可以从不同角度反映群落物种组成结构水平。从表 4 可以看出,与对照相比,沙质草地在翻耕措施下补播牧草后草地群落物种多样性指数和均匀度指数明显增大,浅翻处理显著提高了群落物种多样性和均匀度,而群落生态优势度与物种多样性变化趋势正好相反,表现出不同程度的降低。另外,结合表 1 发现,原生草地中游击型克隆植物白草和赖草对群落环境和群落生态功能的维持起主导作用,但群落物种丰富度、均匀度和物种多样性较补播改良处理下的草地群落低,说明游击型克隆植物对沙质草地环境的适应能力和对群落环境的改造能力更强。总之,沙质草地经过不同翻耕措施下的补播改良后,群落的结构和数量出现此消彼长的变化特征,群落的组成从结构单一和不稳定趋向复杂和稳定。

2.4 不同翻耕模式下补播牧草草地群落地上生物量特征

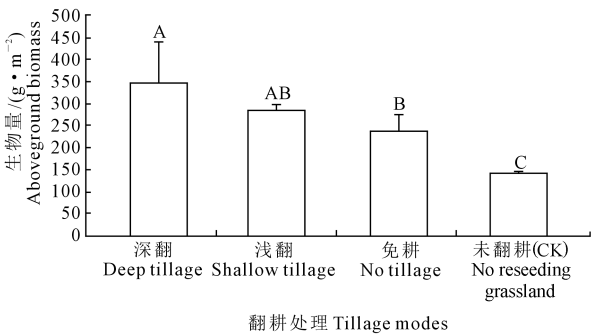
由图 1 可以看出,不同翻耕措施下补播牧草对原生草地群落的地上生物量也造成了一定的影响。不同处理下草地群落地上生物量大小表现为:深翻>浅翻>免耕>CK,深翻、浅翻及免耕处理下补播草地

群落地上生物量极显著高于原生草地 ($P<0.01$),深翻耕处理下补播牧草对草地群落地上生物量的影响显著大于免耕处理,但与浅翻耕处理的差异不显著。

表 4 不同翻耕模式下补播草地群落的物种多样性、生态优势度与均匀度

Table 4 Species diversity, ecological dominance and evenness of grassland communities under different plowing modes

项目 Items	深翻 Deep plowing	浅翻 Shallow plowing	免耕 No tillage	未补播 (CK) No reseeding grassland
物种多样性指数 Species diversity	2.540	2.605	2.097	1.856
生态优势度 Ecological dominance	0.228	0.211	0.268	0.321
均匀度 Community evenness	1.103	1.185	1.303	0.892



注:不同字母表示不同翻耕处理间在 $P<0.01$ 水平下差异显著。

Note: Different letters indicate extremely significant under different tillage patterns ($P<0.01$). The same below.

图 1 不同翻耕模式下补播草地群落的地上生物量

Fig.1 Aboveground biomass of grassland community under different plowing patterns

2.5 不同翻耕模式下土壤颗粒组成及其分形特征

通过不同翻耕处理下补播草地 0~20 cm 土层土壤颗粒组成对比发现,补播草地土壤颗粒组成主要以 50~250 μm 的细沙粒为主,方差分析结果显示,深翻处理下 $<2\ \mu\text{m}$ 土壤黏粒及 2~20 μm 粉粒组

分体积百分比高于浅翻、免耕及 CK 处理,且在 0.01 水平上存在极显著差异,而细沙粒及中沙粒组分表现为深翻模式极显著小于浅翻、免耕及 CK 处理($P<0.01$),这说明通过机械扰动天然草地,能明显提高 0~20 cm 土层土壤黏粉粒组分百分比,深翻及浅翻处理对改善原生草地土壤质地效果最为显著,土壤细颗粒物逐渐增加,土质由沙土逐渐向沙壤土转变,土壤整体稳定性明显提高;同时,土壤被认为

是一种具有分形特征分散多孔介质,土壤分形维数是反映土壤结构几何形体的参数,运用回归分析法计算出了 4 个处理下土壤颗粒体积分形维数,结果显示,深翻及浅翻措施下土壤颗粒分形维数极显著大于免耕模式和未补播的原生草地($P<0.01$),且表现为沙粒含量越高,分形维数越低,土壤物理稳定性越差。

表 5 不同改良模式下 0~20 cm 土层土壤颗粒组成

Table 5 Composition of 0~20 cm soil particle in different improvement modes

翻耕模式 Plowing modes	黏粒 Clay	粉粒 Silt		细沙粒 Fine sand		中沙粒 Medium sand	粗沙粒 Coarse sand	分形维数 Fractal dimension	
	<2 μm	2~20 μm	20~50 μm	50~100 μm	100~250 μm	250~1000 μm	>1000 μm	<i>D</i>	<i>R</i> ²
深翻 Deep plowing	2.06±0.06 A	24.84±0.47 A	32.83±0.09 B	39.32±0.39 B	0.95±0.33 C	0 B	0 A	2.38 A	0.85
浅翻 Shallow plowing	0.79±0.06 B	9.32±0.36 B	22.74±1.11 C	27.19±0.62 C	32.94±1.74 A	7.01±3.36 A	0 A	2.21 B	0.93
免耕 No tillage	0 C	3.03±0.19 C	40.18±1.69 A	54.79±1.47 A	2.01±0.41 BC	0 B	0 A	1.71 C	0.85
未翻耕 No reseeding grassland CK	0 C	2.69±0.24 C	37.95±1.49 A	56.13±1.33 A	3.24±0.39 B	0 B	0 A	1.66 C	0.85

3 讨 论

在北方干旱半干旱退化沙质草地,植物群落和土壤性状对土壤生境演变过程非常敏感^[20]。草地植物群落结构以及多样性是表征草地土壤生境的关键因素,土壤生境的恢复是生态系统全面恢复的根本^[21]。深入揭示草地植被在沙漠化逆转过程中的植被演替与土壤性质演变规律及机制尤为重要。本文通过对深翻、浅翻及免耕处理下补播草地群落结构、数量特征的分析可以看出,原生草地植物群落主要以耐沙埋、耐旱的物种作为优势种,如菊科植物猪毛蒿,藜科植物猪毛菜,另外游击型克隆植物白草和赖草也占据较高的优势度,原生沙质草地植物群落结构简单,占主导作用的猪毛蒿提高了草地群落生态优势度,从而降低了草地群落物种多样性和均匀度;随着翻耕处理和牧草补播措施的人为干预,草地群落结构和物种多样性趋于稳定,补播牧草逐渐在群落中占据优势地位,并主导群落结构,土壤黏粉粒组分显著提高,土壤质地逐渐向沙壤土转变,说明不同的土壤生境适于特定物种;有学者认为,生态系统的功能过程主要受优势物种的功能特点所决定,而并非受限于物种丰富度或植物物种多样性,群落对生境的响应同样可以由优势种的功能特点预测,关键种的衰退或消失会严重损害生态系统功能^[22-23]。此外,作为游击型克隆植物,白草和赖草在原生沙质草地中表现出很高的优势度,极强的空间侵占能力和对其它物种的竞争作用

使得群落的生态优势度上升^[24],而多样性水平下降,经过翻耕和补播处理后,这两种克隆植物逐渐衰退或消失,机械扰动使得靠根茎繁殖的植物失去了占据土壤生境的机会,优势度下降,而补播牧草优势度上升,物种多样性逐渐升高,群落结构趋于稳定。这种机械扰动一定程度上相当于植物根系的侧切,高志成^[6]通过侧切根和浅耕翻措施对退化草地进行改良,研究发现在短期内切根处理有助于提高退化草地生物多样性。张丽丽^[25]对东乌珠穆沁草甸草原退化草场进行浅翻轻耙改良处理,发现浅翻轻耙能使多年生根茎禾草处于建群种地位,这是因为浅翻、轻耙克隆整合对根茎禾草的克隆生长及新分株的生存和定居具有重要贡献,并拓展其空间环境成为沙化草地的优势种。

本文只研究了退化沙质草地经过翻耕、补播牧草后植物群落的结构特征、数量特征以及土壤质地变化,土壤其他性状对沙质草地补播改良的响应有待进一步研究。研究人工补播生态系统稳定性,除了需要考虑物种多样性,还要深入分析物种在群落中的功能以及对环境变化反应的生物学特性。对生态系统功能作用相似但对环境变化反应不同的种类的增加有利于生态系统稳定性的提高,多年生赖草的减少或消失会通过功能相似的蒙古冰草的增加得到补偿,在同一群落内与关键种功能相似的种类和数量越多,同时对环境变化的反应各异,群落对环境变化的抵抗能力越高,弹性越大。在植物群落物种多样性方面,补播后的草地群落并不一定

是最稳定的群落,随着土壤质量的下降,存在着向下一个群落类型的快速演替和过渡。对于人工植物群落,由于生境的极端条件,植物的侵入受到限制,侵入种的功能特性与建群种基本相似,但对气候环境的适应程度和抵抗力有一定差异,如一年生的猪毛蒿在水分条件好的年份大量发生,遇到干旱年份则数量减少,而多年生的植物则相对稳定,因此,对于同一人工群落,需要通过不同年份和同一年份不同时期多样性的判断,综合考虑群落中多年生植物群落的数量和架构,与原生草地进行对比研究才能判断退化沙质草人工植物群落的稳定性。

4 结 论

在退化沙质草地开展牧草补播改良能够显著提高原生草地群落物种丰富度,改善群落结构和多样性水平,使补播牧草在群落中保持较高的优势度,从而降低了猪毛蒿等杂草植物在群落中的主导地位。深翻处理下补播的蒙古冰草优势度最高,免耕处理有利于补播牧草沙打旺保持较高的优势度,同时,机械扰动使游击型克隆植物白草和赖草优势度大幅降低或消失,降低了克隆杂草植物的繁殖与扩展;在群落结构方面,补播牧草使得禾本科、豆科及藜科植物优势度明显提高,大幅降低了菊科植物优势度,特别是深翻处理下蒙古冰草成为群落结构和功能的主导者,深翻及浅翻处理下补播牧草同时增加了多年生草本植物优势度,降低了一年生草本植物在群落中的优势度,改良后的草地群落结构趋于复杂和稳定;在物种多样性方面,沙生草地中优势度较高的猪毛蒿提高了草地群落生态优势度,以及以游击型克隆植物白草和赖草主导的草地群落环境具有很强的环境适应能力,补播改良措施使得草地群落物种多样性指数和均匀度指数明显增大;在草地群落生产力方面,不同改良措施下草地群落生物量大小表现为:深翻>浅翻>免耕>CK,深翻耕处理对草地群落生产力贡献最为显著;在土壤质地方面,补播草地土壤颗粒组成主要以 50~250 μm 的细砂粒为主,机械扰动和补播牧草能明显提高 0~20 cm 土层土壤黏粉粒组分含量和土壤颗粒体积分形维数,其中深翻处理能够显著改善土壤质地,提高土壤整体稳定性。

参 考 文 献:

[1] 丁勇,牛建明,杨持. 沙质草原植物群落退化与沙化演替[J]. 生态学杂志,2006 , 25(9) :1044-1051.
[2] 许冬梅,赵丽莉,谢应忠. 盐池县草地沙漠化过程中植物群落

的动态变化[J].西北植物学报,2011, 31(10) :2084-2089.
[3] 吴旭东,宋乃平,潘军. 沙质草地生境中植物群落对土壤质地演进的响应[J].水土保持学报,2016 , 30(3) :285-290.
[4] 曹子龙,郑翠玲,赵廷宁,等. 补播改良措施对沙化草地植被恢复的作用[J].水土保持研究,2009,16(1) :90-97.
[5] 张强强,景亚平,杨雪,等. 新疆兵团九师退化天然草地补播改良效果分析[J].草原与草坪,2014, 34(4) :88-92.
[6] 高志成,田佳妮,霍艳双,等. 切根和浅耕翻措施对退化草地生长季土壤性质及植物群落的影响[J].生态学报, 2017,37(11) :1-6.
[7] 张洪生,张洪生,邵新庆,等. 围封、浅耕翻改良技术对退化羊草草地植被恢复的影响[J].草地学报,2010,18(3) :339-345.
[8] 宝音陶格涛,刘美玲.退化羊草草原在浅耕翻处理后植物群落生物量组成动态研究[J].自然资源学报,2003,18(5) :544-551.
[9] 宝音陶格涛,王静.退化羊草草原在浅耕翻处理后植物多样性动态研究[J].中国沙漠,2006,26(2) :232-237.
[10] 曲文杰,宋乃平,陈林,等. 荒漠草原两种沙化草地对浅耕翻的响应[J].水土保持研究,2014. 21(1) :85-89.
[11] 魏学红,孙磊,武高林.青藏高原东缘“黑土型”退化草甸人工草地改良的土壤养分响应[J].水土保持学报,2010,24(5) :153-156.
[12] 王蕙,王辉,罗永忠,等.围封沙质天然草地植物的构件和个体生物量比较研究[J].草业学报,2015,24(9) :206-215.
[13] 杨辉.苦豆子种群扩散的生物生态学基础[M].乌鲁木齐:新疆大学,2005:14-18.
[14] 刘任涛,柴永青,杨新国,等. 荒漠草原区柠条林平茬和牧草补播对地面节肢动物群落的影响[J].应用生态学报,2013, 24(1) :211-217.
[15] 赵哈林,周瑞莲,赵学勇,等.呼伦贝尔沙质草地土壤理化特性的沙漠化演变规律及机制[J].草业学报,2012.21(2) :1-7.
[16] 李新荣,赵洋,回嵘,等.中国干旱区恢复生态学研究进展及趋势评述[J].地理科学进展,2014,33(11) :1435-1443.
[17] 刘灿然,马克平,吕延华,等. 生物群落多样性的测度方法 VI:与多样性测度有关的统计问题[J].生物多样性,1998, 6(3) :229-239.
[18] 于顺利,陈灵芝,张承军.不同地点蒙古栎群落相似性的研究[J].植物学通报,2000,17(6) :554-558.
[19] Tyler, SW, Wheatacraft, S W. Fractal scaling of soil particle size distributions: analysis and limitations[J]. Soil Science Society of America Journal, 1992, 56:362 - 369.
[20] 周欣,左小安,赵学勇,等.科尔沁沙地沙丘固定过程中植物生物量及土壤特性[J].中国沙漠,2015, 35(1) :0081-0089.
[21] 杨波,宝音陶格涛.退化羊草草原轻耙处理后 30 年植物群落恢复演替规律研究[J].中国草地学报,2014,36(2) :36-42.
[22] 王蒙,董治宝,罗万银,等. 巴丹吉林沙漠南缘植被物种多样性及其与土壤特性的关系[J].西北植物学报, 2015,35(2) :0379-0388.
[23] 左小安,赵学勇,赵哈林,等.科尔沁沙质草地群落物种多样性、生产力与土壤特性的关系[J].环境科学,2007,28(5) :945-951.
[24] 张继义,赵哈林. 科尔沁沙地草地植被恢复演替进程中群落优势种群空间分布格局研究[J].生态学杂志, 2004,23(2) :1- 6.
[25] 张丽丽,白振军. 草地改良措施对退化草甸草原生产力的影响[J].内蒙古草业,2012,24(3) :37-46.